الباب الثالث

ماء الخلط

(Mixing Water)

أولا : وظيفة ماء الخلط

ثانيا : نوع ماء الخلط

ثالثا : المواد الضارة فى ماء الخلط

١ — الطين والمواد الرسوبيه

٢ — المواد العضوية

٣ — الأملاح

رابعا : ملاحظات بشأن ماء الخلط

خامسا : مشاكل ماء الخلط

سادسا : انواع الخرسانة بالنسبة لكمية الماء

سابعا : استعمالات الماء الأخرى فى الخرسانة

١ — استعمال الماء فى غسل الركام

٢ — استعمال الماء فى معالجة الخرسانة

أولا : وظيفة ماء الخلط (Function of Mixing Water)

يمثل ماء الخلط أحد العناصر الهامة والأساسية فى الخرسانة حيث يقوم بالوظائف الرئيسية الآتية :

(ا) يعمل على إماهة (Hydration) الاسمنت وتفاعله مكوناً عجينة الاسمنت التى تعتبر المادة الفعالة فى الخرسانة والتى تعمل على تماسك حبيبات الركام وذلك بعد أن تشك ابتدائياً ثم نهائيا وبعد ذلك تتصلد . ويحتاج كل جزء من الاسمنت إلى ٠,٣ من وزنه تقريبا من الماء وذلك لاتمام إماهته .

(ب) يعمل الماء على بلل الركام وهو بذلك يحيطه بطبقة من الماء تحول دون امتصاص حبيبات الركام للماء اللازم لعملية الاماهة .

(جـ) يقوم الماء بما يشبه فعل التشحيم (Lubrication) فى المكنات فهو بذلك يساعد على جعل الخرسانة قابلة للتشغيل (Workable) وعندما يتبخر هذا الجزء من الماء يترك فراغات بالخرسانة لذلك يوصى دائماً بتقليل الماء المستخدم بغرض التشحيم إلى نهايته الصغرى إذا أن الاسراف فى استعمال ماء الخلط بغرض زيادة قابلية التشغيل يؤدى إلى نقص ملحوظ فى المقاومة النهائيه وذلك نتيجة الفراغات الناشئة عن تبخر ماء الخلط بعد أن يحتل مكاناً فى الخرسانة .

ويؤخذ ماء الخلط فى العادة على هيئة نسبة بين الماء والاسمنت (م/س ـ W/C) وهناك طريقة أخرى قديمة تنص على أخذ الماء بنسبة مئوية من الوزن الكلى للعناصر الجافة (الركام والاسمنت) ونتائج هذه الطريقة ليست جيده كما أن الطريقة الأولى تفضلها لامكان ضبط كمية الاسمنت عن طريق عدد الشكائر (وزن الشيكارة الواحدة من الاسمنت ٥٠ كجم) .

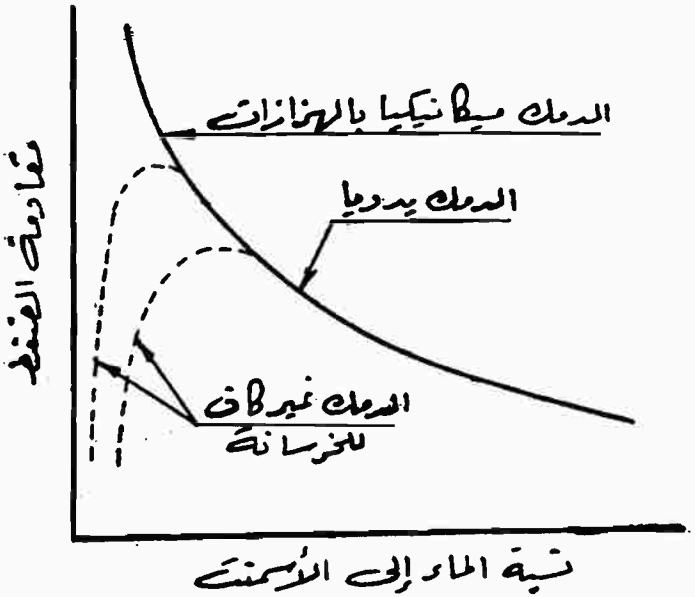
إن كمية ماء الخلط اللازمة للاتحاد الكيميائى مع الاسمنت تتراوح من ٠,٢٥ إلى ٠,٣٠ من وزن الاسمنت وإذا استعملت تلك الكمية فإنها تعطى خرسانة طازجة جافة جداً (Too dry) وبالتالى تكون صعبة التشغيل الأمر الذى يؤدى إلى صعوبة الدمك وبالتبعية تواجد الفراغات . فلذلك يلزم إضافة كمية ماء أخرى لتسهيل عمليات الخلط والصب والدمك على أن تكون بأقل كمية ممكنة للوفاء بهذا الغرض نظراً لأن زيادة الماء فى الخلطة الخرسانية يؤدى إلى ضعف المقاومة للأحمال

كما يتضح من الشكل رقم (٣ — ١) و رقم (٣ — ٢) .

ثانيا — نوع ماء الخلط (Quality)

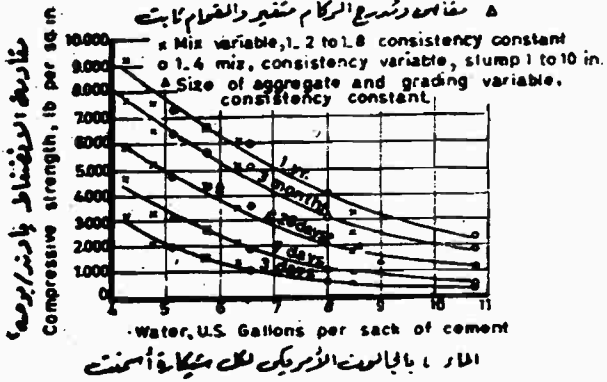
يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة نظيفا خالياً من المواد الضارة مثل الزيوت والأحماض والقلويات والأملاح والمواد العضوية والمواد الأخرى التي قد تؤثر تأثيراً متلفاً على الخرسانة أو حديد التسليح ويمكن استعمال الماء غير الصالح للشرب في خلط الخرسانة وإذا كانت مقاومة الضغط بعد ٢٨٠٧ يوما للعينات التي يستعمل في خلطها هذا الماء تساوى ٩٠ ٪ على الأقل من مقاومة الضغط لعينات مماثلة جهزت بماء خلط صالح للشرب .

ويوجد رأى شائع أن الماء الصالح للشرب يصلح بالتبعية للاستخدام كماء للخلط في الخرسانة ويلاحظ أن عكس ذلك غير صحيح بمعنى أن الماء غير الصالح للشرب



شكل رقم (٣ ـ ١)

العلاقة بين مقاومة الضغط ونسبة الماء الى الأسمنت بالخرسانة



COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE OF VARYING WATER CONTENTS AT DIFFERENT AGES (Moist-room curing, 6 by 12 in. cylinders)

مقاومة الانضغاط للخرسانة ذات محتويات ماء متغيرة وأعمار مختلفة (معالجة بالغرفة الرطبة - أسطوانات أبعادها ٦ × ١٢ بوصة)

شكل رقم (٣ ـ ٢)

لا يشترط أن يكون غير صالح للخرسانة بل قد يصلح فياه الأنهار والجداول المائية (Streams) غير الملوثة بالمخلفات (Wastes) وغير الملحية المذاق (Salty taste) تصلح كماء خلط للخرسانة . ويجب ألا يحتوى ماء الخلط على الطين والمواد الناعمة والمواد العضوية والأحماض والقلويات والأملاح وجميعها ضارة بالخرسانة .

ويمكن استخدام الماء المحتوى على الطين بعد ترسيب الطين فى أحواض للتخلص منه كما يمكن استخدام الماء ذى المذاق الملحى بعد تحليله والتأكد بالاختبارات من ضآلة تأثيره على :

١ ــ خاصية المقاومة للخرسانة .

١ ــ مظهر سطح الخرسانة (Appearence) حيث تسبب الأملاح الذائبة تزهيراً (Efflorescence) بسطح الخرسانة .

٣ ــ خاصية صدأ حديد التسليح حيث توجد الأملاح الذائبة عند تعرض الخرسانة لحالة التحلل الكهربى (Electrolyte) التى تسبب صدأ حديد التسليح لذلك لا يوصى باستعمال ماء البحر كماء خلط للخرسانة المسلحة ولكن يمكن استخدامه عند الضرورة فى الخرسانة العادية بشرط العناية بالدمك (Compaction) للحصول على خرسانة كثيفة (Dense) ومراعاة أن تكون نسبة الماء للأسمنت ـــ أقل ما يمكن فى حدود قابلية التشغيل المطلوبة مع الأخذ فى الاعتبار المقاومة المحدودة غير العالية لمثل هذه الخرسانة.

وبصفة عامة إذا كان الماء من مصادر غير عادية كالآبار والينابيع فيجب اختباره وذلك للتأكد من صلاحيته للاستخدام كماء خلط للخرسانة وذلك بعمل اختبارات مقارنة على زمن الشك للاسمنت ومقاومة الضغط للونة والخرسانة والتحمل مع الزمن وتأثير المواد الكيماوية والعوامل الجوية كل ذلك باستعمال الماء موضوع الاختبار والماء العادى الصالح للشرب بغرض دراسة مدى التغير فى خواص الخرسانة المصنوعة من كل .

ويلاحظ أن اختبار هاتين الخلطتين فى مدى ٢٨ يوماً وهى فترة تصلد الخرسانة لا يكون كافياً بل يجب دراسة النوعين على مدى أطول . وفى المعمل يكون ذلك ممكنا عن طريق مجموعة من الدورات تؤدى إلى اختصار كبير فى زمن التعرض للعوامل الجوية بحيث يمكن عن طريق هذه الدورات والتى تشمل التسخين والتبريد الفجائيين إحداث نفس الأثر فى الخرسانة والذى يتم على مدار سنين طويلة فى فترة لا تتجاوز الأسابيع .

وقد يكون التحليل الكيميائى فى معظم الأحيان هو الفيصل فى المشكلة .

ثالثا ـ المواد الضارة فى ماء الخلط :

هناك بعض المواد التى تؤدى إلى تأثيرات ضارة بالخرسانة وذلك عند وجودها فى ماء الخلط منها الطين والمواد الرسوبية والزيوت والأملاح والقلويات والأحماض والمواد العضوية والأصباغ والفضلات . . . الخ .

١ ـــ الطين والمواد الرسوبية :

يسبب الطين والمواد الرسوبية نقصاً ملحوظاً فى مقاومة الخرسانة وعدم ثبات حجمها ويعزى هذا إلى أن الطين نفسه يؤخر التفاعل بين الماء والأسمنت (الإماهة) ويغلف أيضاً حبيبات الركام ويحول دون التماسك الكامل بين الركام وعجينة الأسمنت هذا بالإضافة إلى قدرة الطين على امتصاص الماء فيؤدى إلى حدوث تغيرات فى الحجم وانكماش قد يؤدى إلى تشققات .

وقد لا يعتبر وجود الطين بنسبة صغيرة فى ماء الخلط ضارا بالخرسانة بل قد يساعد على ملء الفراغات الصغيرة الموجودة بين حبيبات الركام وبصفة خاصة فى الخرسانة فقيرة الأسمنت (Poor Cement Concrete) حيث أن التغيرات الحجمية تكون فيها صغيره أصلا وكل ما حدث هو أن حبيبات الطين هذه ملأت الفراغات بين حبيبات الركام .

٢ ـــ المواد العضوية :

ويظهر ضررها عندما تغلف حبيبات الركام وتتسبب فى نقص التماسك بينها وبين عجينة الأسمنت كما أنها قد تكون سبباً فى تشقق الخرسانة ثم تفتتها .

وتظهر التشققات على هيئة مجموعة من التشققات الشعرية (Hair Cracks) تنمو إلى شروخ وتصل إلى تفتت ولا يقتصر ضرر هذه التشققات على الخرسانة نفسها بل قد يمتد الضرر إلى غير الخرسانة فمثلا فى الممرات الجوية والطرق قد تؤدى هذه الشروخ إلى تآكل الإطارات فتتأثر بذلك السرعة كما تتأثر اليايات والأجزاء الأخرى .

٣ ـــ الأملاح :

الأملاح مثل الكبريتات والكلوريدات وفى بعض الأحيان الكربونات لها تأثيرات ضارة على الخرسانة وبعضها قد يتسبب فى تزهيرها . وفى بعض الأحيان يسمح باستخدام ماء البحر فى خلط الخرسانة مع اتخاذ بعض الاحتياطات ولو أنه يتسبب فى ظهور بعض الأملاح على سطحها نتيجة لحركة الماء المحمل بالأملاح تجاه السطح . هذا

فضـــلا عن إمكانية استخدامه فى بعض الأحيان كماء للعالجة . كما تسبب الكلوريدات صدأ حديد التسليح ولذلك يجب التأكد من أن الخرسانة التى ستوضع فى ماء البحر غير منفذة للماء (سدودة له) كما يجب عدم استخدام ماء البحر فى الخرسانة المسلحة حتى لا يصدأ حديد التسليح . وفى بعض الأحيان حين يؤدى استخدام ماء البحر للخرسانة إلى نقص مقاومتها قد تضيف عاملا يعمل على زيادة المقاومة لمعادلة تأثير ماء البحر ويكون ذلك العامل غالباً هو زيادة نسبة الأسمنت مثلا .

رابعا ـ ملاحظات بشأن ماء الخلط :

يجب الابتعاد عن مصادر المياه التى تحمل الشوائب والمواد الضارة ومن هذه المصادر المجارى التى تحمل كميات مركزه من المواد العالقة والمجارى التى تحمل الفضلات الصناعية والمنزلية والآبار القريبة من المناجم والبحيرات الصغيرة والقنوات الصغيرة فى التربة القلوية ويمكن الكشف بسهولة عن وجود بعض هذه الشوائب والمواد الضارة مثل الزيوت والمواد العضوية التى تطفو على سطح الماء وفى أغلب الأحيان يضطر لاجراء اختبارات أو تحاليل كيمائية للتأكد من خلو الماء من الشوائب أو لمعرفة نوع المواد العضوية . ويمكن استخدام أوراق عباد الشمس لمعرفة ما إذا كان الماء حمضيا أو قلويا .

وفيما يلى بعض النتائج الهامة التى يحتاج المهندس إلى معرفتها عند تحديد صلاحية ماء الخلط للخرسانة :

(ا) لا يعتبر لون الماء أو رائحته دليلا قاطعا على مدى صلاحية استخدامه كماء لخلط الخرسانة .

(ب) يمكن استعمال أنواع كثيرة من الماء الملوث فى خلط الخرسانة وقد لا ينتج عنه ضرر ظاهر للخرسانة المسلحة وذلك عكس ما يتصوره بعض المهندسين ويشترط للسماح باستخدام هذا الماء أن يكون التلوث الموجود به غير مركز لدرجة واضحة كما يشترط إجراء الاختبارات اللازمة .

(حـ) أى ماء استخدم من قبل كماء مغلى يمكن استعماله كماء خلط دون أن يتلف الأسمنت أو الخرسانة أو الخرسانة المسلحة .

(ء) تقلل الشوائب الآتية مقاومة الخرسانة المسلحة بأقل من ١٥ ٪ .

١ ـ الماء المحتوى على ٠,١٥ ٪ صوديوم .

٢ ــ الماء المحتوى على كبريتات بنسبة لا تتجاوز ١ ٪ .
٣ ــ ماء المناجم باستثناء مناجم الفحم .
٤ ــ ماء الطلبات فى محاجر الجبس .
٥ ــ الماء العادم (Waste Water) من مصانع الصابون أو البيرة .
٦ ــ ماء البحر الذى يحتوى على أقل من ٣ ٪ كلوريد صوديوم .

(ه) لا تصلح الأنواع الآتية من الماء لاستخدامها كماء خلط الخرسانة :

١ ــ ماء البحر الذى يحتوى على ٣,٥ ٪ أو أكثر من الأملاح .
٢ ــ الماء الذى يحتوى على ٣,٥ ٪ أو أكثر من محلول الكبريتات .
٣ ــ الماء الذى يحتوى على أكثر من ٣ ٪ كلوريد صوديوم .
٤ ــ الماء العادم من المدابغ والمصانع الكيماوية ومصانع المعادن .
٥ ــ الماء المحتوى على مواد سكرية . ويتسبب عنها الانهيار التام فى مقاومة الخرسانة حيث تمنع الاسمنت من الشك .
٦ ــ الماء العادم من مصانع فحم الكوك .

وبصفة عامة يمكن اعتبار الحد المقبول النقص فى مقاومة الضغط فى المونة والخرسانة هو ١٠ ٪ وقد يتجاوز بعض المهندسين ويزيد هذا الحد إلى ١٥ ٪ كحد أقصى مع اتخاذ الاحتياطات اللازمة .

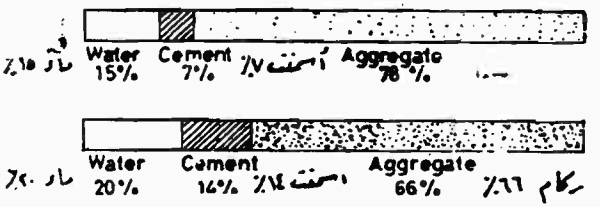
وتعتبر الطريقة العملية لاستخدام أى ماء خلط مشبوه هى إجراء مجموعة اختبارات لتعيين زمن الشك والتجمل والمقاومة ثم مقارنة النتائج بخرسانة من ماء عادى وقبولها أو رفضها تبعاً للحدود السابقة .

خامسا : مشاكل ماء الخلط :

توجد مشاكل كثيرة بالنسبة لماء الخلط الصالح للخرسانة ومدى توافره ولا تظهر هذه المشاكل فى المدن نتيجة توفر المياه الصالحة للشرب ولكنها تظهر فى الصحارى ومناطق ندرة المياه العذبة حيث يلزم البحث عن مياه صالحة فى المناطق المتاخمة .

كما أن تحديد كمية (Quantity) المياه اللازمة للخرسانة يعتبر مشكلة تقابل المهندس حيث تتراوح نسبة الماء إلى الاسمنت المستخدمة فى الخلطات الخرسانية بين ٠,٣٥ إلى ٠,٨٠ وتتوقف على ما يأتى :

(ا) درجة التشغيل المطلوبة للخرسانة الطازجة التى تتطلب قواماً (Consistency) معيناً لغرض معين .



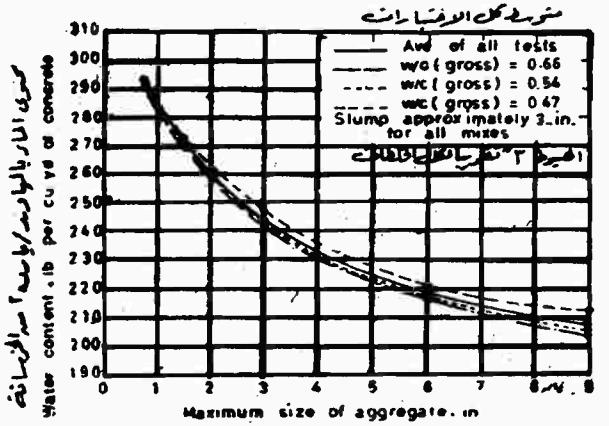
(شكل رقم ٣ — ٣)
تأثير كمية الأسمنت على محتوى الماء بالخلطة الخرسانية

(ب) نوع العمل الهندسى نفسه فخرسانة رصف الطرق تحتاج إلى ماء خلط أقل من الخرسانة المسلحة .

(ج) كمية الأسمنت الموجودة بالخلطة الخرسانية أى مدى غنى الخلطة الخرسانية بالأسمنت (Richness of Mix) وبالتالى نسبة الركام إلى الاسمنت (Aggregate / Cement ratio) شكل رقم (٣ — ٣)

(د) طريقة دمك (Compaction) الخرسانة فالدمك الميكانيكى باستخدام الهزازات الميكانيكية (Yibrators) يحتاج إلى كمية أقل من الماء لخرسانته عن تلك لو كان الدمك يدوياً .

(ه) نوع الركام ومدى تدرجه الحبيبى ومقدار مساحته السطحية وأقصى مقاس له شكل رقم (٣ — ٤) .



أقصى مقاس للركام - بوصة

Appreciably more water is required in mixes having small coarse aggregate

الخلطات الخرسانة التى تحتوى زلط صغير تحتاج إلى زيادة ماء الخلط

شكل رقم (٣ — ٤)

(ى) درجة حرارة الجو ومقدار رطوبته النسبية . شكل رقم (٣ — ٥) .
ومن الملاحظ أن زيادة ماء الخلط تؤدى إلى :

(ا) حدوث انفصال حبيبى (Segregation) للخرسانة الطازجة (Fresh Concrete)

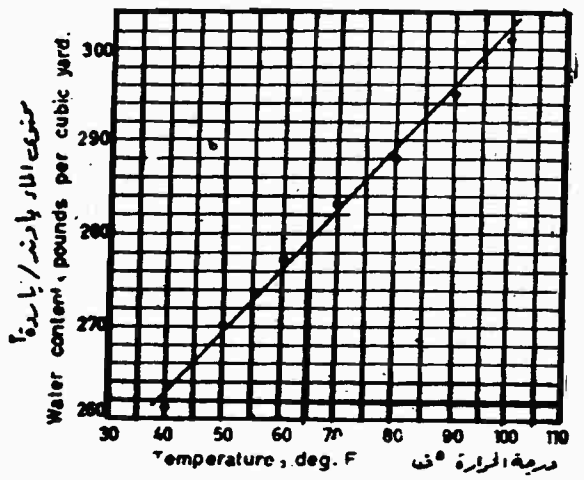
(ب) حدوث ظاهرة النضح (Bleeding) وما يصاحبها من تواجد طبقة من الاسمنت اللبانى على سطح الخرسانة وتعرف هذه الظاهرة بالزبد (Laitance) .

(حـ) خرسانة متصلدة ذات فراغات .

(ى) صعوبة وصل الخرسانة القديمة بالخرسانة الحديثة الصب.

(هـ) صعوبة صب الخرسانة فى الأجواء شديدة البرودة .

(و) وجود طبقة ترابية بسطح البلاطات الخرسانية .



شكل رقم (٣ — ٥)

سادسا : انواع الخرسانة بالنسبة لكمية ماء الخلط :

يختلف نوع الخرسانة تبعاً لكمية ماء الخلط المستخدم كما يلى :

١ — خرسانة جافة القوام :(Dry Consistency)

وتحدث إذا كانت كمية الماء قليلة بدرجة ملحوظة وتعطى لذلك خرسانة جافة القوام.

٢ — خرسانة لدنة القوام : (Plastic Consistency)

وفيها تكون نسبة الماء إلى الاسمنت مناسبة وتعطى خرسانة لدنة القوام. وإذا زادت كمية الماء عن هذه النسبة فإنها تعطى قواماً بين اللدن والطرى (Soft) أما إذا قلت فإنها تعطى قواماً بين اللدن والجاف .

٣ — خرسانة مبتلة القوام (Wet GOnsistency)

إذا زادت كمية المياه عن الحد المناسب فإن الخرسانة الناتجة تكون منهارة القوام ضعيفة المقاومة يظهر بها الانفصال الحبيبي : والنضح (Segregation & Bleeding).

سابعا ـ استعمالات المياه الاخرى فى الخرسانة :

ذكرنا فيما سبق استعمال الماء فى خلط الخرسانة وكيفيه تحديد كميته المناسبة وإن كان يستخدم فى أغراض أخرى لا تقل أهمية عن إماهة الاسمنت نذكر منها :

(ا) استخدام الماء فى غسل الركام :

يستخدم الماء الصالح فى عمليات غسل حبيبات الركام والتى تكون عادة بغرض إزالة المغلفات الملتصقة من الغرين والطين والمواد الناعمة والأملاح والمواد العضوية والتى تعلق بأسطح الحبيبات .

ويلاحظ أن استعمال ماء غير صالح لغسل الركام قد يؤدى إلى أضرار تفوق تلك التى تنشأ عند استعمال هذا الماء فى الخلط وذلك لأنها تساعد على تكوين المغلفات السميكة التى تمنع الالتصاق وتقلل التماسك وإن كان من الصعب وضع حدود فاصلة فى ذلك إلا بمساعدة اختبارات المقارنة (Comparative Tests) .

(ب) استخدام الماء فى معالجة الخرسانة :

يمكن القول أنه إذا استثنينا إحتمال تغير لون الخرسانة فإن وجود الطين والزيوت والقيم المتوسطة من الأملاح فى ماء المعالجة قد لا تؤثر بشكل أو بصورة ضارة على جسم الخرسانة . ومع ذلك فيجب معالجة الماء المحتوى على الأحماض أو المركبات العضوية بكل حذر حيث يفضل عدم إستخدامه إلا بعد إجراء مجموعة من الاختبارات بغرض تحديد مدى صلاحيته كماء للمعالجة .